

Aplicación de medidas indirectas de exposición al análisis del riesgo de accidente

Álvaro Gómez Méndez

Investigador, alvaro.gomezmenendez@yahoo.es, España

Francisco Aparicio Izquierdo

Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid (UPM) y

Director del Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA),

francisco.aparicio@upm.es, España

RESUMEN

El número de víctimas en accidentes de tráfico se ha descompuesto tradicionalmente en tres dimensiones: exposición; riesgo de accidente, definido como el número de accidentes por unidad de exposición; y riesgo de lesión, definido como el número de víctimas por cada accidente. Hasta el momento, el conocimiento sobre los factores que influyen sobre el riesgo de accidente es deficiente, un hecho relacionado con la extraordinaria dificultad para obtener información sobre la exposición de distintos grupos de usuarios y vehículos.

Existe consenso en que la medida idónea de exposición es la distancia recorrida. Sin embargo, las carencias de los actuales sistemas de información han llevado a la utilización de aproximaciones como el parque de vehículos o el censo de conductores. Una alternativa es la utilización de medidas indirectas de exposición, a las que pertenecen los denominados métodos de exposición cuasi inducida. Estas medidas se caracterizan por ser derivadas de la propia base de accidentes, mediante la búsqueda de tipos de accidentes cuyo riesgo de ocurrencia no sea influido por el atributo de estudio (edad del conductor, año de matriculación del vehículo...).

Esta ponencia discute las hipótesis básicas de los métodos de medida indirecta de exposición, y analiza la forma en que los sesgos de estimación pueden ser minimizados. Asimismo, se presenta una aplicación de los principios discutidos al análisis de la influencia de la antigüedad de un turismo sobre su riesgo de accidente.

1. INTRODUCCIÓN.

La ausencia de datos adecuados de exposición es uno de los mayores problemas a los que se han enfrentado los estudios accidentológicos realizados hasta el momento. De una manera general, se acepta que el número de kilómetros recorridos por un determinado colectivo de conductores o vehículos proporciona la mejor representación de su exposición. Sin embargo, la información que en su estado actual proporcionan las estadísticas de transporte sobre este indicador apenas permite su utilización en estudios de cierta profundidad.

Para solucionar los problemas de obtención de indicadores de exposición, se han desarrollado medidas indirectas, generalmente conocidas como medidas de exposición inducida. La principal característica de estos estimadores es que son obtenidos directamente de las bases de datos de accidentes, lo cual asegura, idealmente, una homogeneidad total entre los datos de accidentes y de exposición —numerador y denominador, respectivamente, del estimador de riesgo—. En lo fundamental, el método de la exposición inducida consiste en la búsqueda de situaciones en las que un conductor o vehículo se ven involucrados en un accidente de forma pasiva, es decir, sin haber intervenido en el proceso que desembocó en su ocurrencia. Se asume entonces que los conductores y vehículos pasivos son una muestra aleatoria de la población de conductores y vehículos que utilizaban la vía en el momento y lugar del accidente.

La variante más utilizada del método de exposición inducida es la denominada *exposición cuasi inducida*, en la que se supone que en una colisión entre dos vehículos es posible distinguir entre un conductor responsable y un conductor no responsable, y que el conductor no responsable ha jugado un papel pasivo en el accidente (Stamatiadis y Deacon, 1997).

Los objetivos de esta ponencia son: discutir las hipótesis básicas del método de exposición cuasi inducida (apartado 2), discutir los sesgos del método (apartado 3), analizar cómo los sesgos pueden ser minimizados (apartado 4), resumir los resultados de una aplicación práctica al análisis de la influencia del año de matriculación de un turismo sobre el riesgo de accidente (apartado 5), y formular las principales conclusiones (apartado 6). Los lectores interesados en profundizar en el conocimiento de esta metodología pueden consultar otras referencias de los mismos autores (Gómez, 2010; Gómez y Aparicio, 2010).

2. MÉTODO DE EXPOSICIÓN CUASI INDUCIDA.

Como ya se ha comentado, la exposición cuasi inducida es un método de medida indirecta de la exposición, en el que se supone que la población de conductores y vehículos no responsables de colisiones con otros vehículos son una muestra representativa de la población de conductores y vehículos expuestos (Stamatiadis y Deacon, 1997). Para su aplicación práctica, es imprescindible que el registro o base de datos de accidentes contenga una o varias variables que permitan la imputación de la responsabilidad de una colisión. En la mayoría de trabajos previos, se ha utilizado el registro de presuntas infracciones de los conductores, de manera que el conductor que ha cometido una infracción es el responsable de la colisión, y quien no ha cometido ninguna infracción es la parte no responsable.

Las etapas básicas del método son las siguientes:

1. Seleccionar las colisiones entre dos vehículos en las que a uno, y sólo a uno, de los

conductores se le ha imputado una infracción. Estas colisiones son denominadas colisiones limpias (Stamatiadis y Deacon, 1997). El conductor infractor es considerado responsable del accidente.

2. Estimar los índices de riesgo. Por ejemplo, en una situación en la que los conductores o vehículos fueran divididos en dos grupos, 1 y 2, el riesgo relativo vendría dado por la siguiente ratio:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{(R_1/NR_1)}{(R_2/NR_2)} \quad (1)$$

Donde R_1 y R_2 , son los números de responsables de los grupos 1 y 2, respectivamente, y NR_1 y NR_2 son los números de no responsables —o estimadores de las exposiciones—.

Generalmente, el riesgo relativo es depurado de la influencia de factores relacionados con los conductores o el entorno mediante regresiones logísticas, que permiten tratar variables dependientes binarias; en este caso, la variable dependiente vale uno, si el conductor ha sido responsable, y cero, si ha sido no responsable.

Este método fue utilizado por primera vez en Estados Unidos a finales de la década de 1960 y comienzos de la de 1970. Durante los últimos años, se han llevado a cabo numerosas aplicaciones en distintos países; algunas de las más importantes son: Lyles y otros (1991), Stamatiadis y Deacon (1995 y 1997), Stamatiadis y otros (1999), US GAO (1994), Yannis y otros (2005). En España, el método ha sido aplicado en, entre otros, Lardelli-Claret y otros (2002 y 2005).

3. HIPÓTESIS Y SESGOS DEL MÉTODO

En la formulación presentada en el apartado anterior, el método de exposición cuasi inducida implica una serie de hipótesis básicas. El incumplimiento de alguna de estas hipótesis puede producir sesgos en las estimaciones de la exposición y el riesgo.

Las principales hipótesis y sesgos potenciales asociados son los siguientes (ver Gómez, 2010; Gómez y Aparicio, 2010):

HIPÓTESIS N°1:

El registro de infracciones de la base de datos de accidentes es preciso.

POSIBLES SESGOS:

- 1) Errores de codificación de las variables.
- 2) Errores en la apreciación de las infracciones por parte del agente de policía que rellena el cuestionario estadístico.

Estos errores no producirán sesgos en las estimaciones si se distribuyen aleatoriamente en la muestra de colisiones, y no dependen de la variable de estudio (edad del conductor, año de matriculación del vehículo...).

HIPÓTESIS N°2:

El conductor identificado como no responsable (no infractor) no juega ningún papel en la ocurrencia del accidente.

POSIBLES SESGOS:

Los conductores y vehículos con mayor capacidad para realizar una maniobra evasiva (frenado, cambio de trayectoria...) tienen una menor probabilidad de verse implicados como no responsables en colisiones. Esta capacidad será denominada *capacidad de evitación de accidentes*.

HIPÓTESIS N°3:

Los conductores/vehículos responsables (infractores) *eligen* aleatoriamente a los conductores/vehículos no responsables.

POSIBLES SESGOS:

El más importantes es el debido a diferencias en las *velocidades de circulación*. Una vez que un conductor ha realizado una infracción, la probabilidad de que encuentre a un conductor rápido puede ser distinta a la correspondiente a un conductor lento. Podemos citar dos ejemplos: (1) los conductores lentos son adelantados con mayor frecuencia, por lo que, para una misma cantidad de exposición, tienen mayor riesgo de aparecer como no responsables de alcances; (2) cuando un conductor realiza una invasión de carril en una vía convencional, la probabilidad de encontrar en el carril del sentido contrario a un conductor rápido o lento depende de las densidades de rápidos y lentos (número de vehículos por kilómetro de vía), que, a su vez, dependen de las velocidades. Por otra parte, la velocidad de circulación influye sobre la velocidad relativa entre los dos vehículos y, por tanto, sobre la probabilidad de ocurrencia de colisión.

HIPÓTESIS N°4:

Todos los conductores y vehículos implicados en accidentes, ya sea como responsables o no responsables, tienen la misma probabilidad de ser registrados en la base de accidentes.

POSIBLES SESGOS:

El más importantes es el debido a diferencias en los *riesgos de lesión*. Las bases de datos de accidentes utilizadas en la gran mayoría de los trabajos accidentológicos, entre ellas la española, contienen únicamente información sobre accidentes con al menos una víctima. Los accidentes con implicación de los vehículos y conductores con menores riesgos de lesión (conductores jóvenes, turismos modernos...) tienen, por tanto, una probabilidad menor de ser registrados,

lo cual puede producir sesgos en la medida de exposición.

4. TRATAMIENTO DE LOS SESGOS

En Gómez (2010) y Gómez y Aparicio (2010) se ha desarrollado un método para la minimización de los sesgos producidos por la velocidad, la capacidad de evitación de accidentes y el riesgo de lesión. El concepto fundamental de este método es la *desagregación de las colisiones en los tipos más frecuentes*.

Hasta ahora, la gran mayoría de aplicaciones del método de exposición cuasi inducida han utilizado, para determinar la exposición, las poblaciones de conductores y vehículos no responsables en todas las colisiones entre dos vehículos, independientemente de su tipo. Esta metodología lleva implícita una hipótesis básica: la probabilidad de ser no responsable es la misma en todos los tipos de colisiones. Sin embargo, en la medida en que las fuentes de sesgo — velocidad, capacidad de evitación de accidentes y riesgo de lesión— pueden actuar de manera distinta en cada tipo de accidente, no podemos descartar a priori la existencia de diferencias significativas.

En lo fundamental, la nueva metodología consiste en:

- 1) Clasificar las colisiones entre dos vehículos en los tipos más frecuentes.
- 2) Analizar si existen diferencias entre las poblaciones de no responsables en los distintos tipos de colisiones.
- 3) Si en la etapa 2) no se encuentran diferencias, utilizar toda la muestra de colisiones para determinar la estimación de la exposición.
- 4) Si en la etapa 2) se encuentran diferencias, seleccionar el tipo de colisión que minimiza el sesgo de la estimación de exposición. Para ello es necesario conocer:
 - 4.1.) Cómo dependen las fuentes de sesgo del atributo de estudio. Por ejemplo, si se analiza la influencia de la antigüedad del turismo sobre el riesgo de accidente, debe determinarse si existen diferencias entre las velocidades de circulación, las capacidades de evitación y los riesgos de lesión de los turismos modernos y antiguos.
 - 4.2.) Cómo influyen la velocidad, la capacidad de evitación y el riesgo de lesión sobre la probabilidad de ser no responsable en los distintos tipos de colisiones. Esta información es resumida en la Tabla 1. Para más detalles, el lector puede consultar las referencias citadas previamente.

5) Utilizar la muestra de colisiones determinada en las etapas 3 o 4 para estimar la exposición y los riesgos de accidente.

Tipo de accidente	Efecto sobre la probabilidad de aparecer como no responsable en la base de accidentes de:		
	Un aumento de la velocidad	Un aumento de la capacidad de evitación	Un aumento del riesgo de lesión
Accidentes entre vehículos circulando en carriles distintos, sentidos contrarios (<u>vías convencionales</u>)	Disminución (resultado basado en un modelo teórico).	Disminución.	Aumento.
Accidentes entre vehículos circulando en carriles distintos, mismo sentido (<u>vías con varios carriles por sentido</u>)	Incierto.	Disminución.	Aumento.
Accidentes en intersección	Aumento.	Disminución.	Aumento.
Accidentes entre vehículos circulando en el mismo carril (alcance)	Disminución.	Aumento.	Aumento.

Tabla 1 – Resumen de las especificaciones sobre fuentes. Fuente: Gómez (2010) y Gómez y Aparicio (2010).

5. APLICACIÓN AL ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AÑO DE MATRICULACIÓN

La metodología descrita en el apartado anterior ha sido aplicada en Gómez (2010) al análisis de la influencia del año de matriculación de un turismo sobre el riesgo de accidente. Esta aplicación puede ser descrita de la siguiente forma:

- Se analizaron los riesgos en vías interurbanas convencionales y vías urbanas. Se excluyeron las autopistas y autovías, debido a la incertidumbre que existe sobre el efecto de la velocidad en la probabilidad de ser no responsable.
- En vías interurbanas convencionales, se consideraron dos tipos de riesgos: el riesgo de provocar una colisión con otro turismo y el riesgo de accidente sin contrario. En vías urbanas, únicamente se consideró el primer tipo.

- Se utilizó la información contenida en la base de accidentes con víctimas gestionada por la Dirección General de Tráfico.

¿Cuál es el riesgo de que el conductor de un turismo matriculado en ...	Vías convencionales		Vías urbanas
	...provoque una colisión?	...sufra un accidente sin contrario?	...provoque una colisión?
<1985	1,75(1,44;2,12)	1,38(1,14;1,67)	1,05(0,93;1,18)
1985-1989	1,47(1,32;1,63)	1,21(1,10;1,34)	0,97(0,91;1,04)
1990-1994	1,21(1,11;1,31)	1,01(0,93;1,10)	0,97(0,92;1,02)
1995-1999	1,02(0,95;1,10)	0,93(0,86;1,00)	0,96(0,92;1,01)
2000-2005	1,00	1,00	1,00

Tabla 2 – Influencia del año de matriculación de un turismo sobre el riesgo de accidente.. Fuente: Gómez (2010).

Los principales resultados, descritos en la Tabla 2, pueden ser resumidos de la siguiente manera:

- En vías interurbanas convencionales, se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones de no responsables en distintos tipos de colisiones. Utilizando la metodología descrita en el apartado 4, se determinó que el tipo de accidente que proporcionaba una mejor estimación de la exposición de turismos de distintas antigüedades era el accidente por invasión del carril contrario. Los análisis de sensibilidad realizados pusieron de manifiesto que la aplicación del enfoque tradicional del método —exposición estimada con todas las colisiones— producía una subestimación importante de los riesgos de los turismos antiguos.
- En vías urbanas, no se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones de no responsables en distintos tipos de colisiones.
- En vías interurbanas convencionales, los turismos antiguos tienen un riesgo de accidente significativamente superior al de los turismos modernos. Por el contrario, en vías urbanas no se encontraron diferencias significativas.

6. PRINCIPALES CONCLUSIONES

Los métodos de exposición cuasi inducida presentan un gran potencial para determinar las exposiciones y riesgos de distintos grupos de conductores y vehículos, especialmente cuando no se dispone de información sobre distancias recorridas, o cuando se requiere un nivel elevado de desagregación en distintos tipos de vías o entornos. Sin embargo, existen distintos factores que pueden producir sesgos en las estimaciones. Para minimizar su efecto, se considera imprescindible desagregar la muestra de colisiones en los tipos más frecuentes, y analizar cuál es el tipo que proporciona una mejor estimación de la exposición. Esta ponencia ha presentado una metodología para realizar esta selección, y ha presentado una aplicación práctica que demuestra cómo la aplicación del método según la práctica tradicional hubiera producido resultados sesgados.

REFERENCIAS

- GÓMEZ, A. (2010) *Desarrollo y aplicación de modelos de análisis de la contribución de la evolución tecnológica de los vehículos a la seguridad vial*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, ETS de Ingenieros Industriales.
- GÓMEZ, A.; APARICIO, F. (2010) Quasi-induced exposure: The choice of exposure metrics. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 42, pp. 582-588.
- LARDELLI-CLARET, P.; LUNA DEL CASTILLO, J.D.; JIMÉNEZ MOLEÓN, J.J.; BUENO CAVANILLAS, A.; GARCÍA MARTÍN, M.; GÁLVEZ VARGAS, R. (2002) Influence of driver nationality on the risk of causing vehicle collisions in Spain. *J. Epidemiol. Community Health*, 56, 394-398.
- LARDELLI-CLARET, P.; JIMÉNEZ MOLEÓN, J.J.; LUNA DEL CASTILLO, J.D.; GARCÍA MARTÍN, M.; MORENO ABRIL, O.; BUENO CAVANILLAS, A. (2005) Comparison between Two Quasi-Induced Exposure Methods for Studying Risk Factors for Road Crashes. *American Journal of Epidemiology*, Vol. 163, No.2, pp. 188-195.
- LYLES, R. W.; STAMATIADIS, P.; LIGHTHIZER, D. R. (1991) Quasi-induced exposure revisited. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 23, No. 4, pp. 275-285.
- STAMATIADIS, N.; DEACON, J.A. (1995) Trends in highway safety: Effects of an aging population on accident propensity. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 27, No. 4, pp. 443-459.
- STAMATIADIS, N.; DEACON, J.A. (1997) Quasi-Induced Exposure: Methodology and Insight. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 29, No1, pp. 37-52.
- UNITED STATES GENERAL ACCOUNTING OFFICE, US GAO (1994) Factors affecting involvement in vehicle crashes. Program Evaluation and Methodology Division, GAO, Washington DC 1994. GAO/PEMD-95-3.
- YANNIS, G.; GOLIAS, J.; PAPADIMITRIOU, E. (2005) Driver age and vehicle engine size effects on fault and severity in young motorcyclists accidents. *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 37, 327-333.